

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-81953

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	7/135		G 1 1 B 7/135	A
G 0 2 B	13/00		G 0 2 B 13/00	
	13/18		13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-255723

(22) 出願日 平成7年(1995)9月8日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 小林 雅也

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 文男 (外2名)

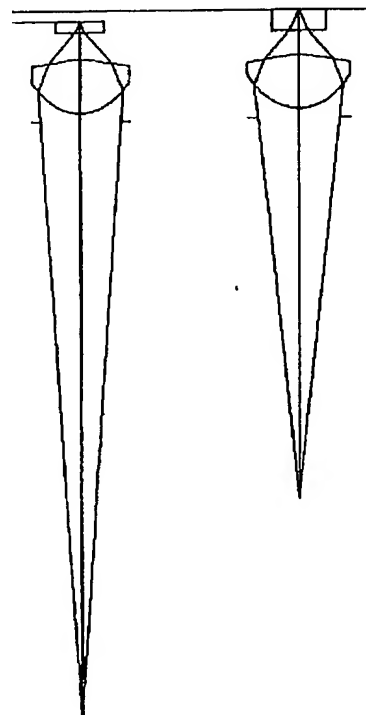
(54) 【発明の名称】 光記録情報媒体の記録再生用光学系

(57) 【要約】

【課題】 一つの光ピックアップで異なる基板厚を有する光ディスクの記録再生が可能な情報ピックアップ装置及び光ディスク装置を実現する。

【解決手段】 記録再生用光学系は、レーザー光源と、該光源からの出射光束を光情報記録媒体の透明基盤を介して情報記録面上に集光する正の屈折力を有する有限共役型の対物レンズを有し、前記透明基盤の厚みに応じて前記レーザー光源が光軸に沿って移動し、 mti をレーザー光源から光情報媒体の記録面までの全体系の横倍率で、透明基盤の厚みは $t1 < t2$ の関係にあるとき、 $mt1 > mt2$. . . [1]

を満足した、情報記録面に集光する前記対物レンズは光源側、情報記録面側の両方の面が非球面であり、光源側の面は凸面である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともレーザー光源と該光源からの出射光束を光情報記録媒体の透明基盤を介して情報記録面上に集光する正の屈折力を有する対物レンズを有する光情報記録媒体の記録再生用光学系において、前記透明基盤の厚みに応じて前記レーザー光源が光軸に沿って移動し、以下の条件を満たすことを特徴とする光情報記録媒体の記録再生光学系。

$$mt1 > mt2$$

但し、

mti : レーザー光源から光情報媒体の記録面までの全体系の横倍率で、透明基盤の厚み t_i は $t_1 < t_2$ の関係にある。

【請求項 2】 対物レンズは光源側、情報記録面側の両方の面が非球面であり、光源側の面は凸面であることを特徴とする請求項 1 の光情報媒体の記録再生用光学系。

$$【請求項 3】 -2.1 \leq G \leq -0.5$$

ここで

$$G = \Delta t \cdot (F - m1 \cdot \Delta d) / (m1^2 \cdot \Delta d \cdot F) \cdot (nt^2 - 1) / nt^3$$

$$\text{但し} \quad \Delta d = d2 - d1$$

$$\Delta t = t2 - t1$$

t_i : 透明基盤の厚み ($t_1 < t_2$)

d_i : 各透明基盤にたいする光源から対物レンズまでの間隔

$m1$: 透明基盤の厚み t_1 のときの波面収差がベストとなる対物レンズの横倍率

F : 対物レンズの焦点距離

nt : 透明基盤の屈折率

の条件を満たすことを特徴とする請求項 2 の光情報媒体の記録再生用光学系。

【請求項 4】 情報記録面に集光する前記対物レンズの開口数を、前記透明基盤の第一の厚みのとき $NA1$ 、第一の厚みより厚い第二の厚みのとき $NA2$ としたとき、 $NA2 < NA1$

$$0.30 \leq NA1 \leq 0.65$$

$$0.30 \leq NA2 \leq 0.65$$

を満足することを特徴とする請求項 2 の光情報媒体の記録再生用光学系。

$$【請求項 5】 \quad NA2 < NA1$$

$$0.30 \leq NA1 \leq 0.65$$

$$0.50 \leq NA2 \leq 0.65$$

$$-1.5 \leq G \leq -0.80$$

を満足することを特徴とする請求項 2 の光情報媒体の記録再生用光学系。

【請求項 6】 前記対物レンズは

$$0.035 \leq NA1 \cdot |m1| \leq 0.15$$

$$0.035 \leq NA2 \cdot |m2| \leq 0.15$$

$$m1 < 0$$

$$m2 < 0$$

但し

$NA1$: 透明基盤の厚み t_1 ($< t_2$) のときの開口数

$NA2$: 透明基盤の厚み t_2 のときの開口数

$m1$: 透明基盤の厚み t_1 のときの対物レンズの横倍率

$m2$: 透明基盤の厚み t_2 のときの対物レンズの横倍率

の条件を満足することを特徴とする請求項 2 の光情報媒体の記録再生光学系。

10 【請求項 7】 前記対物レンズは

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 \leq 0.061$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 \leq 0.061 \quad (\text{単位: mm})$$

(単位: mm)

の条件を満足することを特徴とする請求項 2 の光情報媒体の記録再生光学系。

【請求項 8】 前記対物レンズは

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 \leq 0.045$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 \leq 0.045 \quad (\text{単位: mm})$$

(単位: mm)

20 の条件を満足することを特徴とする請求項 6 の光情報媒体の記録再生光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザー光などの光ビームを光情報記録媒体上に集光し、光情報を記録再生する光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ディスク等の情報記録媒体への記録再生装置に用いられる光学系で、近年最も一般的なものの一つとして、コリメータレンズを用いず、光源からの光を有限共役型の対物レンズで直接に情報記録面に集光させるものがある。この方式はコリメータレンズを必要としないため、コリメータレンズを用いる方式と比べコストを低く押さえることが出来るので、近年ではこの方式がより多く採用されている。

【0003】 更に近年では、光ディスク等の情報記録媒体への記録再生装置においては、高密度化に対応させるため、対物レンズで集光させる光スポットを小さくする必要が生じている。そのため、開口数 (NA) の大きな対物レンズ (例えば $NA0.6$) が求められている。また、基板厚 0.6 mm の高密度ディスクが実用化され、基板厚 1.2 mm の従来のディスク (CD、CD-ROM 等) のどちらにも対応できる光学系が求められている。この様に NA が大きい場合、集光光束中に置かれる基板の厚みが所定の厚みからずれると大きな球面収差を発生させる。例えば、 $NA0.60$ 、倍率が $1/12$ の対物レンズにおいて、レーザー光源から出射されるレーザー光の波長 635 nm 、基板厚み 0.6 mm 、基板屈折率 1.58 の条件で最適化されているとき、基板の厚みを変えると、 0.01 mm ずれる毎に $0.01\lambda\text{ rms}$

s 程度、収差が増大する。従って、基板厚みが $\pm 0.07 \text{ mm}$ ずれると $0.07 \lambda \text{ rms}$ の収差となり、読み取りが正常に行える目安となるマレシャルの限界値に達してしまう。

【0004】このため、 0.6 mm 厚の基板に代えて例えば 1.2 mm 厚の基板を再生しようとする場合は、 1.2 mm 厚対応の対物レンズに切り替えて再生する様に、すなわちそれぞれの厚みに対応する二つの対物レンズを用意する必要がある。或いは、 0.6 mm 厚の基板用と 1.2 mm 厚の基板用の 2 個の情報ピックアップを装置に付ける方法も考えられる。また、情報ピックアップ中にホログラムを設け、これを透過する 0 次光と 1 次光の各々を 0.6 mm 厚基板と 1.2 mm 厚基板に対応する光スポットとして情報記録面に集光させる方法も考えられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述の様に 1 台の光ディスク装置で異なる基板厚を有する光ディスクを再生可能とする装置とするために、例えばディスクの基板厚が 0.6 mm 用と 1.2 mm 用それぞれに対応する対物レンズを 2 個取り付けたり、ディスクの基板厚が 0.6 mm 用と 1.2 mm 用の 2 個の光ピックアップを装置に付ける方法では情報ピックアップ装置及び光ディスク装置及び光ディスク装置をコンパクトで低コストとすることは出来ない。情報ピックアップ中にホログラムを設け、これを透過する 0 次光、1 次光の各々を 0.6 mm 厚基板と 1.2 mm 厚基板に対応する光スポットとして情報記録面に集光させる方法は、常に情報記録面に向けて 2 つの光束が射出されるため、一方の光束による光スポットでの情報読み出しを行う時は他方の光束は読み出しには寄与しない不要光となる。また、回折により 2 つのスポットに分離しているため、実際に利用する 2 つのスポット以外にも利用しない回折光が発生し、光量損失が大きい。そのため光量低下による S/N 比の低下を生じ、光量を増大させた場合にはレーザー寿命が低下してしまう。本発明は、一つの光ピックアップで異なる基板厚を*

$$NA2 < NA1$$

$$0.30 \leq NA1 \leq 0.65$$

$$0.30 \leq NA2 \leq 0.65$$

を満足することを特徴とする。また

$$0.50 \leq NA2 \leq 0.65$$

の場合には、

$$-1.5 \leq G \leq -0.80$$

を満足することを特徴とする。

※ ※【0009】前記対物レンズは

$$0.035 \leq NA1 \cdot |m1| \leq 0.15$$

$$0.035 \leq NA2 \cdot |m2| \leq 0.15$$

$$m1 < 0, \quad m2 < 0$$

但し

NA1: 透明基盤の厚み $t1$ ($< t2$) のときの開口数

NA2: 透明基盤の厚み $t2$ のときの開口数

*有する光ディスクの記録再生を可能としながら、コンパクトで安価な情報ピックアップ装置を提供することを目的としている。

【0006】

【問題を解決するための手段】本発明の光情報記録媒体の記録再生用光学系は、少なくともレーザー光源と、該光源からの出射光束を光情報記録媒体の透明基盤を介して情報記録面に集光する正の屈折力を有する有限共役型の対物レンズを有し、前記透明基盤の厚みに応じて前記レーザー光源が光軸に沿って移動し、以下の条件を満たすことを特徴とする。

$$mt1 > mt2 \quad \dots [1]$$

但し、

mti: レーザー光源から光情報媒体の記録面までの全体系の横倍率で、透明基盤の厚み t_i は $t1 < t2$ の関係にある。

【0007】情報記録面に集光する前記対物レンズは光源側、情報記録面側の両方の面が非球面であり、光源側の面は凸面であって、

$$-2.1 \leq G \leq -0.5 \quad \dots [2]$$

ここで

$$G = \Delta t \cdot (F - m1 \cdot \Delta d) / (m1^2 \cdot \Delta d \cdot F) \cdot (n t^2 - 1) / n t^3$$

$$\Delta d = d2 - d1$$

$$\Delta t = t2 - t1$$

t_i : 透明基盤の厚み ($t1 < t2$)

d_i : 各透明基盤にたいする光源から対物レンズまでの間隔

$m1$: 透明基盤の厚み $t1$ のときの波面収差がベストとなる対物レンズの横倍率

F : 対物レンズの焦点距離

nt : 透明基盤の屈折率

の条件を満たすことを特徴とする。

【0008】対物レンズの開口数を、前記透明基盤の第一の厚みのとき $NA1$ 、第一の厚みより厚い第二の厚みのとき $NA2$ としたとき、

$$\dots [3]$$

$$\dots [4]$$

$$\dots [5]$$

$$\dots [5']$$

$$\dots [2']$$

$$\dots [6]$$

$$\dots [7]$$

$$\dots [8]$$

$m1$: 透明基盤の厚み $t1$ のときの対物レンズの横倍率

50 $m2$: 透明基盤の厚み $t2$ のときの対物レンズの横倍

率

*【0010】前記対物レンズは

の条件を満足することを特徴とする。

*

$$\begin{aligned} |m1| \cdot F \cdot NA1^4 &\leq 0.061 \quad \dots [9] \\ |m2| \cdot F \cdot NA2^4 &\leq 0.061 \quad \dots [10] \end{aligned}$$

の条件を満足することを特徴とする。また、前記対物※ ※レンズは

$$\begin{aligned} |m1| \cdot F \cdot NA1^4 &\leq 0.045 \quad \dots [9'] \\ |m2| \cdot F \cdot NA2^4 &\leq 0.045 \quad \dots [10'] \end{aligned}$$

の条件を満足することが望ましい。

★良好に収差を補正することを目的としている。実際に基盤の厚さの変化 Δt に対する球面収差の変化量 ΔSAt は同一NAでは比例関係にあり以下のように表わすことができる。

【0011】

【作用】本発明の光学系は、基盤の厚さの変化 Δt により発生した球面収差を光源を光軸にそって移動することにより発生する球面収差とキャンセルされることにより★

$$\Delta t \cdot (nt^2 - 1) / nt^3 \cdot \alpha = \Delta SAt \quad (\alpha : \text{比例定数}) \quad \dots (1)$$

ここで nt は透明基盤の屈折率である。単玉対物レンズ倍率変化 Δm による球面収差変化量 ΔSam はほぼ比例☆

$$F \cdot \Delta m \cdot \beta = \Delta Sam \quad (\beta : \text{比例定数}) \quad \dots (2)$$

ここで F は対物レンズの焦点距離である。このため全体◆ ◆として球面収差を補正するには

$$\Delta SAt + \Delta Sam = 0 \quad \dots (3)$$

となるようにすれば良い。すなわち、

$$\Delta t \cdot (nt^2 - 1) / (nt^3 \cdot F \cdot \Delta m) = -\beta / \alpha \quad (\text{一定}) \quad (4)$$

【0012】このとき(1)式において nt が一定で Δt が正(>0)の場合球面収差はオーバー方向に動く。すなわち、 $\Delta SAt > 0$ 。その結果、 $nt > 1$ であるので、定数 α は正となる。また(2)式において、横倍率変化 Δm において横倍率変化が正($\Delta m > 0$)であれば(反射系ではない実像系の場合、横倍率の絶対値が小さくなれば)、球面収差はオーバーに動く。このため $\Delta Sam > 0$ 。その結果、 $F > 0$ であるので、定数 β は正となる。この結果、 $\Delta t (= t2 - t1 > 0)$ が正であれば、(4)式より、 Δm は負(< 0)となる。

【0013】透明基盤 $t1$ における球面収差が一番良好に補正される横倍率を $m1$ 、透明基盤 $t2$ ($t2 > t1$ 、 $\Delta t = t2 - t1$)における球面収差が一番良好に補 *

$$\begin{aligned} \Delta d &= (1 - 1/m2) \cdot F - (1 - 1/m1) \cdot F \\ &= \{ (1/m1) - (1/m2) \} \cdot F \quad \dots (7) \end{aligned}$$

で表わすことができる。ここで F は対物レンズの焦点距離※ ※離である。これを变形すると

$$m2 = m1 \cdot F / (F - m1 \cdot \Delta d) \quad \dots (8)$$

これを(5)式に代入すると

$$\Delta m = m1^2 \cdot \Delta d / (F - m1 \cdot \Delta d) \quad \dots (9)$$

【0015】以上を(4)式に代入して Δd と Δt と対★40★物レンズの関係は

$$\begin{aligned} \Delta t \cdot (F - m1 \cdot \Delta d) / (F \cdot m1^2 \cdot \Delta d) \cdot (nt^2 - 1) / nt^3 \\ = -\beta / \alpha = \text{一定} \quad \dots (10) \end{aligned}$$

となる。ここでのこの(12)式の左辺を簡略化のた ☆ ☆め、 G とする。すなわち、

$$G = \Delta t \cdot (F - m1 \cdot \Delta d) / (F \cdot m1^2 \cdot \Delta d) \cdot (nt^2 - 1) / nt^3 \quad \dots (11)$$

ここで透明基盤の厚み変化 Δt に対して発生する球面収差を抑えるためには、許容誤差をマレシャル限界(波面収差 $0:0.7\lambda$)に対して配置誤差等のマージンを考えると、波面収差RMS値において球面収差 0.045λ に抑えるように Δd を変化させて、 G を設定する必要が

ある。もし G が条件式②の上限(-0.5)を越えるように Δd を設定すると球面収差はアンダーとなり、通常NA2が 0.3 レベルでも球面収差は波面収差RMS値で 0.045λ を越えてしまう。また G が下限(-2.1)より小さくなるように Δd を設定すると球面収差は

オーバーとなり、NA2 が 0.3 レベルでも球面収差は波面収差 RMS 値で 0.045λ を越えてしまう。もし NA2 が 0.50 以上となると（条件式〔5'〕）上記 G の値を -1.5 以上 -0.8 以下でないと球面収差は波面収差 RMS 値 0.045λ 以内を維持することは困難である（条件式〔2'〕）。また NA1、NA2 が 0.65 を越えると良好な性能を得ることができなくなる。特に G を -1.3 以上 -1.0 以下とすることにより、球面収差は 0 に近付きより良好な性能を得ることができる。

【0016】また第一の配置（t1 のときの配置）での光源側の開口数を NAO1、第二の配置（t2 のときの配置）での光源側の開口数を NAO2 とすると、NAO1、NAO2 はそれぞれ、

$$0.035 \leq \text{NAO1} \leq 0.15$$

$$0.035 \leq \text{NAO2} \leq 0.15$$

を満足しなければならない。もしそれぞれの光源側開口数が 0.035 より小さいとレーザーの発散角の関係でレーザーの光量が落ち、光情報記録媒体の記録、再生に支障が生じる。また、0.15 より大きいとレーザーの発散角の関係で、レーザーの非点隔差、光量むらの影響でやはり支障が生じる。

【0017】また光源側の開口数は像側開口数と光学系の横倍率の絶対値の積で表わすことができる。すなわち、

$$\text{NAO1} = |m1| \cdot \text{NA1}$$

$$\text{NAO2} = |m2| \cdot \text{NA1}$$

その結果、条件式〔6〕、〔7〕を満足しなければならない。ここで、対物レンズは光源からの発散光を対物レンズにより収束光にするため、

$$m1 < 0, \quad m2 < 0$$

（条件式〔8〕）となる。

【0018】また前記対物レンズは、光情報記録媒体の透明基盤のぶれ等により光源から像点までの距離（物像間距離）が変化し、オートフォーカスで追従すると球面収差が発生する。もし、第一の配置において $|m1| \cdot F \cdot \text{NA1}^4$ が 0.061 を越えるようであれば、物像間距離の変化による球面収差の発生量が許容値を越えてしまう（条件式〔9〕）。第二の配置においても同様で、 $|m2| \cdot F \cdot \text{NA2}^4$ が 0.061 を越えるようであれば、物像間距離の変化による球面収差の発生量が許容値を越えてしまう（条件式〔10〕）。またさらに、第一の配置、第二の配置において $|m1| \cdot F \cdot \text{NA1}^4$ および $|m2| \cdot F \cdot \text{NA2}^4$ が 0.045 以下であれ

$$F = 3.2410959$$

第一の配置

$$T1 = -34.713 \quad U1 = 40.000 \quad m1 = -0.1000$$

第二の配置

$$T2 = -22.383 \quad U2 = 28.089 \quad m2 = -0.1614$$

Ri

d1i

d2i

Ni

ば、さらに良好な性能を維持できる（条件式〔9'〕、〔10'〕）。

【0019】

【実施例】以下本発明の光学系の実施例を示す。各実施例において、数値例は、レーザー光源を第 0 面とし、ここから順に第 i 番目の面（絞り面を含む）の曲率半径を r_i 、第 i 番目の面と第 i+1 番目の面との光軸上の厚み、間隔を d_i 、第 i 番目と第 i+1 番目との間の媒質のレーザー光源の波長での屈折率を n_i で表す。また、空気の屈折率を 1 とする。また、レンズ面に非球面を用いている場合においては、その非球面形状は面の頂点を原点とし、光軸方向を X 軸とした直交座標系において、 κ を円錐係数、 A_i を非球面係数、 P_i を非球面のべき数とするとき、

【数 1】

$$x = \frac{C \phi^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) C^2 \phi^2}} + \sum A_i \phi^{P_i}$$

$$\phi = \sqrt{y^2 + z^2}, \quad C = 1/r$$

で表される。

【0020】なお、これらの実施例においては光源の波長を $\lambda = 635 \text{ nm}$ とし、透明基盤の厚みについて第一の配置に対応する第一の厚みは $t1 = 0.6 \text{ mm}$ 、第二の配置に対応する第二の厚みを $t2 = 1.2 \text{ mm}$ としている。またこのときの屈折率を $n_t = 1.58$ とした。さらに第一の配置における開口数 NA1 は 0.6 に設定している。第二の配置における開口数 NA2 は第一の配置と同じ絞り（対物レンズに対して同じ配置で絞り径が同じ絞りであり、このときの絞り径を $\phi1$ とする。）を用いた場合を想定して収差図、波面収差変化について評価シミュレーションを行なっているが、絞り径を可変として $\phi1$ よりも小さくしても良い。絞り径を $\phi1$ より小さくすることにより、NA2 の値が小さくなり、収差量、及び、波面収差量は、 $\phi1$ でのそれより小さくなることは明白である。表中の F は対物レンズの焦点距離、U1、U2 は各々第一の配置、第二の配置における光源から情報記録媒体までの距離（物像間距離）を、m1、m2 は各々第一の配置、第二の配置における対物レンズの横倍率を表わす。また T1、T2 は各々第一の配置、第二の配置における対物レンズから光源までの距離（光源から情報記録媒体に向かう方向を正とする。）を表わしている。

【0021】実施例 1

9				10
1	2. 080	3. 10	3. 10	1. 49446
2	-3. 539	1. 587	1. 406	
3	∞	0. 60	1. 2	1. 58000
4	∞			

非球面係数

第1面

$$\begin{aligned}\kappa &= -6. 08630 \times 10^{-1} \\ A1 &= -4. 27090 \times 10^{-4} & P1 &= 4. 0000 \\ A2 &= -1. 49720 \times 10^{-4} & P2 &= 6. 0000 \\ A3 &= -1. 04560 \times 10^{-6} & P3 &= 8. 0000 \\ A4 &= -4. 67950 \times 10^{-7} & P4 &= 10. 0000\end{aligned}$$

第2面

$$\begin{aligned}\kappa &= -1. 36490 \times 10 \\ A1 &= 3. 72820 \times 10^{-3} & P1 &= 4. 0000 \\ A2 &= -2. 85100 \times 10^{-4} & P2 &= 6. 0000 \\ A3 &= 1. 49930 \times 10^{-5} & P3 &= 8. 0000 \\ A4 &= 1. 89980 \times 10^{-9} & P4 &= 10. 0000\end{aligned}$$

【0022】各透明基盤に対する光源から対物レンズまでの間隔 d_i は、それぞれ

$$d1 = -T1$$

$$d2 = -T2$$

となる。よって、光源の移動量は

$$\begin{aligned}G &= \Delta t \cdot (F - m1 \cdot \Delta d) / (F \cdot m1^2 \cdot \Delta d) \cdot (nt^2 - 1) / nt^3 \\ &= -1. 1438\end{aligned}$$

となる。

【0023】また第一の配置と対物レンズに対して同じ絞り（対物レンズに対して同じ配置で絞り径が等しい絞り）を用いた場合、第二の配置における開口数 $NA2_{max}$ は $NA2_{max} = 0. 595$ となる。

また $NA2 = NA2_{max} = 0. 595$ の時

$$NA1 \cdot |m1| = 0. 0600$$

$$NA2 \cdot |m2| = 0. 0958$$

また

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 = 0. 0420$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0. 0654$$

となる。また絞り径を可変として第二の配置における開口数 $NA2 = 0. 53$ とすると、

$$NA2 \cdot |m2| = 0. 0853$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0. 0412$$

となり、また絞り径を可変として第二の配置における開口数 $NA2 = 0. 45$ とすると、

$$NA2 \cdot |m2| = 0. 0725$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0. 0214$$

となる。また $NA2 = 0. 38$ とすると

$$NA2 \cdot |m2| = 0. 0612$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0. 0109$$

※

$$F = 3. 3763632$$

第一の配置

$$T1 = -29. 470 \quad U1 = 35. 000 \quad m1 = -0. 1250$$

第二の配置

* $\Delta d = d2 - d1 = T1 - T2 = -12. 33 \text{ mm}$ となる。また

$$20 \quad \Delta t = t2 - t1 = 0. 6 \text{ mm}$$

であるので

※となる。

【0024】実施例1の第一の配置と第二の配置を図1を示す。 $NA2 - NA2_{max}$ の時の球面収差の収差図を図2に示す。図2(a)は $t1 = 0. 6 \text{ mm}$ のときの第一の配置での球面収差図である。図2(b)は第一の配置で透明基盤の厚み $t2 = 1. 2 \text{ mm}$ の場合の球面収差図である。このとき球面収差はオーバー方向に動く。この $t2 = 1. 2 \text{ mm}$ の状態第二の配置に持っていったときの球面収差図を図2(c)に示す。このとき、球面収差はほぼ補正されている。また図3には実施例1における、透明基盤の厚みを $0. 6 \text{ mm}$ から $1. 2 \text{ mm}$ に変化させたときの各々の透明基盤の厚みで球面収差が最小になるように光源を移動したときの波面収差RMS値の変化である。このとき透明基盤の厚みが $0. 6 \text{ mm}$ のときの開口数は $NA1 = 0. 60$ 、透明基盤の厚みが $1. 2 \text{ mm}$ の時の開口数が $NA2 = NA2_{max} = 0. 595$ で、いずれもほぼ $NA0. 6$ 周辺の値である。 $t = 1. 2 \text{ mm}$ では波面収差RMS値が $0. 015 \lambda$ となっているが、これは高次の球面収差の影響である。しかしながらこれは問題のないレベルである。

【0025】実施例2

11				12
T2 = -20.819	U2 = 26.768	m2 = -0.1839		
Ri	d1i	d2i	Ni	
1 2.180	3.10	3.10	1.49446	
2 -3.775	1.830	1.649		
3 ∞	0.60	1.2	1.58000	
4 ∞				

非球面係数

第1面

$$\begin{aligned} \kappa &= -5.56960 \times 10^{-1} \\ A1 &= -1.38700 \times 10^{-3} & P1 &= 4.0000 \\ A2 &= -2.05900 \times 10^{-4} & P2 &= 6.0000 \\ A3 &= -5.04330 \times 10^{-6} & P3 &= 8.0000 \\ A4 &= -7.19700 \times 10^{-7} & P4 &= 10.0000 \end{aligned}$$

第2面

$$\begin{aligned} \kappa &= -1.27410 \times 10 \\ A1 &= 2.53780 \times 10^{-3} & P1 &= 4.0000 \\ A2 &= -1.10930 \times 10^{-4} & P2 &= 6.0000 \\ A3 &= 1.24000 \times 10^{-5} & P3 &= 8.0000 \\ A4 &= -2.74030 \times 10^{-7} & P4 &= 10.0000 \end{aligned}$$

【0026】

$$\Delta d = T1 - T2 = -8.651$$

$$G = -1.1446$$

$$NA1 = 0.6$$

$$NA2_{max} = 0.596$$

$$NA2 = NA2_{max} = 0.596 \text{ の時}$$

$$NA1 \cdot |m1| = 0.0750$$

$$NA2 \cdot |m2| = 0.1097$$

また

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 = 0.0547$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0784$$

となる。

20*開口数NA2 = 0.53の時

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0975$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0490$$

となり、また絞り径を可変として第二の配置における開

口数NA2 = 0.45とすると、

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0828$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0255$$

となる。またNA2 = 0.38とすると

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0699$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0129$$

30 となる。

* 【0027】実施例3

$$F = 3.0107542$$

第一の配置

$$T1 = -45.217 \quad U1 = 50.000 \quad m1 = -0.07000$$

第二の配置

$$T2 = -24.567 \quad U2 = 29.764 \quad m2 = -0.13465$$

	Ri	d1i	d2i	Ni
1	1.911	2.800	2.800	1.49446
2	-3.469	1.383	1.197	
3	∞	0.600	1.200	1.58000
4	∞			

非球面係数

第1面

$$\begin{aligned} \kappa &= -6.04930 \times 10^{-1} \\ A1 &= 1.24640 \times 10^{-4} & P1 &= 4.0000 \\ A2 &= -1.49370 \times 10^{-4} & P2 &= 6.0000 \\ A3 &= 1.36210 \times 10^{-6} & P3 &= 8.0000 \\ A4 &= -2.95790 \times 10^{-7} & P4 &= 10.0000 \end{aligned}$$

第2面

$$\kappa = -1.57360 \times 10$$

13

$$\begin{aligned}
 A1 &= 5.52940 \times 10^{-3} & P1 &= 4.0000 \\
 A2 &= -5.47660 \times 10^{-4} & P2 &= 6.0000 \\
 A3 &= 2.58450 \times 10^{-6} & P3 &= 8.0000 \\
 A4 &= 1.12380 \times 10^{-6} & P4 &= 10.0000
 \end{aligned}$$

【0028】

$$\Delta d = T1 - T2 = -20.650$$

$$G = -1.1696$$

$$NA1 = 0.6$$

$$NA2_{\max} = 0.596$$

$$NA2 = NA2_{\max} = 0.596 \text{ の時}$$

$$NA1 \cdot |m1| = 0.0420$$

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0805$$

また

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 = 0.0273$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0513$$

となる。

* 開口数 $NA2 = 0.53$ の時

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0718$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0321$$

となり、また絞り径を可変として第二の配置における開口数 $NA2 = 0.45$ とすると、

$$10 \quad NA2 \cdot |m2| = 0.0608$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0167$$

となる。また $NA2 = 0.38$ とすると

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0513$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0085$$

となる。

* 【0029】実施例4

$$F = 3.1052331$$

第一の配置

$$T1 = -24.956 \quad U1 = 30.000 \quad m1 = -0.14000$$

第二の配置

$$T2 = -17.998 \quad U2 = 23.460 \quad m2 = -0.20400$$

	Ri	d1i	d2i	Ni
1	2.580	2.600	2.600	1.72623
2	-10.323	1.844	1.662	
3	∞	0.600	1.200	1.58000
4	∞			

非球面係数

第1面

$$\kappa = -7.75620 \times 10^{-1}$$

$$A1 = 9.49130 \times 10^{-4} \quad P1 = 4.0000$$

$$A2 = 3.31790 \times 10^{-5} \quad P2 = 6.0000$$

$$A3 = 4.71180 \times 10^{-6} \quad P3 = 8.0000$$

$$A4 = -3.48490 \times 10^{-6} \quad P4 = 10.0000$$

第2面

$$\kappa = -1.63440 \times 10$$

$$A1 = 7.67570 \times 10^{-3} \quad P1 = 4.0000$$

$$A2 = -1.52800 \times 10^{-3} \quad P2 = 6.0000$$

$$A3 = 8.96720 \times 10^{-5} \quad P3 = 8.0000$$

$$A4 = 1.76040 \times 10^{-6} \quad P4 = 10.0000$$

【0030】

$$\Delta d = T1 - T2 = -6.958$$

$$G = -1.1455$$

$$NA1 = 0.6$$

$$NA2_{\max} = 0.593$$

$$NA2 = NA2_{\max} = 0.593 \text{ の時}$$

$$NA1 \cdot |m1| = 0.0840$$

$$NA2 \cdot |m2| = 0.1210$$

また

$$|m1| \cdot F \cdot NA1^4 = 0.0563$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0783$$

40 となる。

開口数 $NA2 = 0.53$ の時

$$NA2 \cdot |m2| = 0.1081$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0500$$

となり、また絞り径を可変として第二の配置における開口数 $NA2 = 0.45$ とすると、

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0918$$

$$|m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0260$$

となる。また $NA2 = 0.38$ とすると

$$NA2 \cdot |m2| = 0.0775$$

$$50 \quad |m2| \cdot F \cdot NA2^4 = 0.0132$$

となる。

【0031】

【発明の効果】以上のように、本発明により、光源を移動させるだけで、基板厚みの異なる光情報記録媒体が1つの情報ピックアップ装置で記録、再生可能となり、複数の基板厚みに互換性を有する、構造が簡単でコンパクトで低コストな情報ピックアップ装置及び光ディスク装置が得られた。さらに、基板の任意の厚みへの対応や、個々の基板の厚みばらつきの補正も容易に対応することが可能となる。なお、対物レンズへの入射光の発散角の

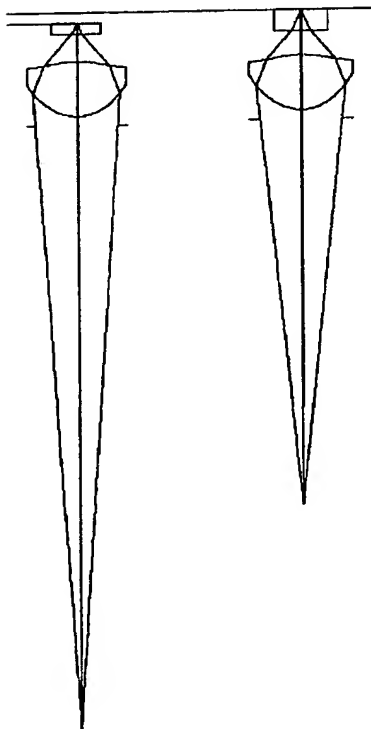
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の第一と第二の配置を示す光路図である。

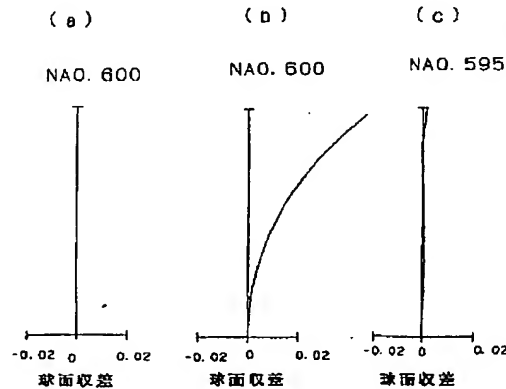
【図2】本発明の実施例1の球面収差図である。

【図3】実施例1における、基盤厚みが0.6mmから

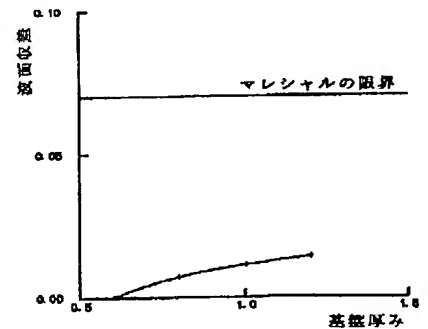
【図1】



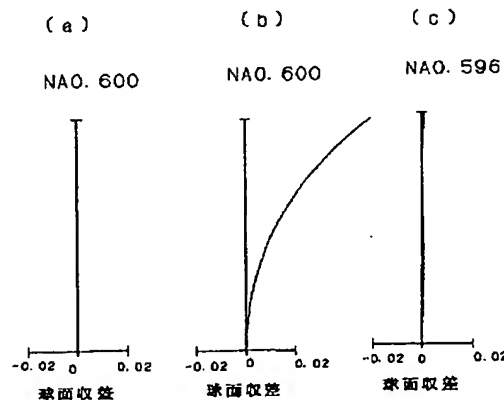
【図2】



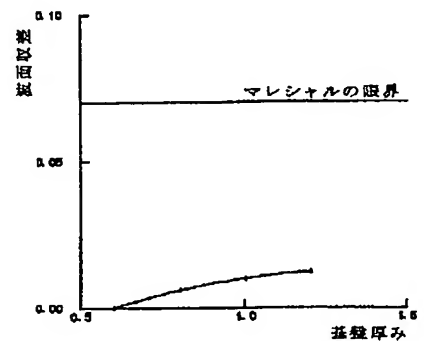
【図3】



【図5】



【図6】



1. 2mmへ変化したときの波面収差の変化図である。

【図4】本発明の実施例2の第一と第二の配置を示す光路図である。

【図5】本発明の実施例2の球面収差図である。

【図6】実施例2における、基盤厚みが0.6mmから1.2mmへ変化したときの波面収差の変化図である。

【図7】本発明の実施例3の第一と第二の配置を示す光路図である。

【図8】本発明の実施例3の球面収差図である。

【図9】実施例3における、基盤厚みが0.6mmから1.2mmへ変化したときの波面収差の変化図である。

【図10】本発明の実施例4の第一と第二の配置を示す光路図である。

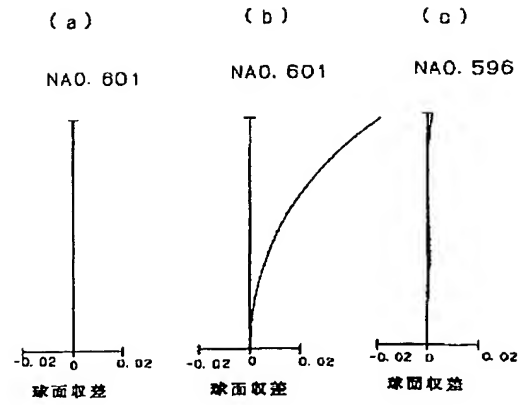
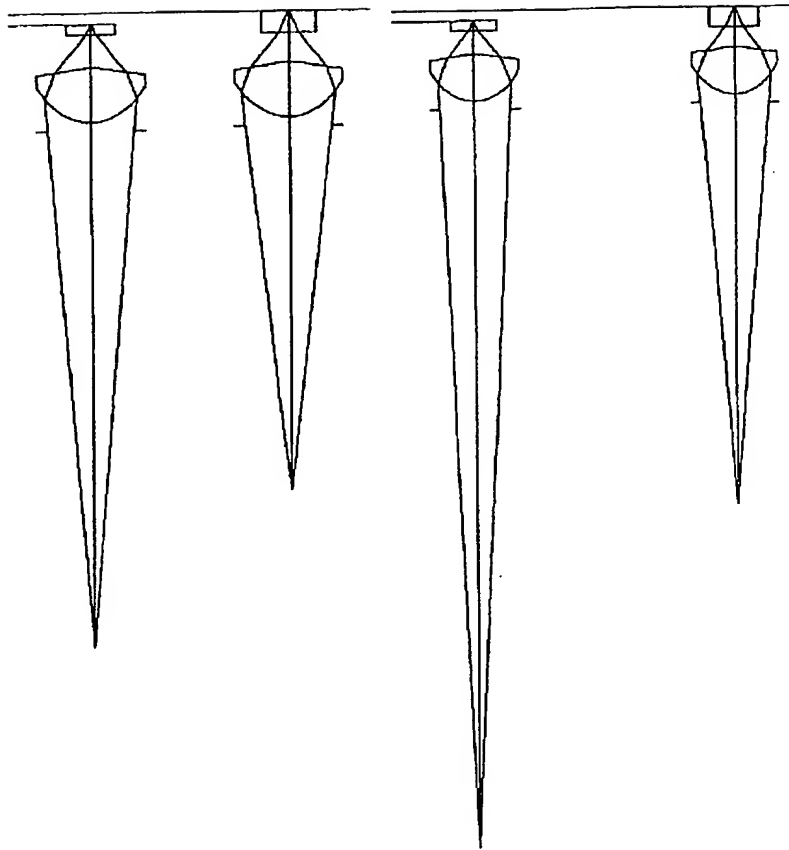
【図11】本発明の実施例4の球面収差図である。

【図12】実施例4における、基盤厚みが0.6mmから1.2mmへ変化したときの波面収差の変化図である。

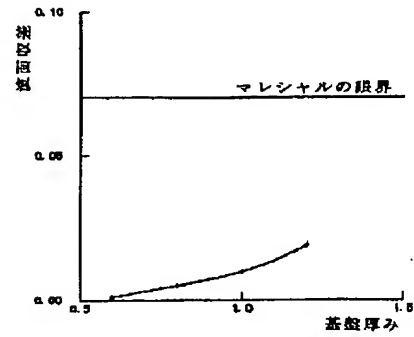
【図4】

【図7】

【図8】



【図12】



【図9】

【図10】

【図11】

